



Emboutissage à chaud d'une tôle de Ti6Al4V : Expérimentation et modélisation

Benjamin Chartrel, Elisabeth Massoni

► To cite this version:

Benjamin Chartrel, Elisabeth Massoni. Emboutissage à chaud d'une tôle de Ti6Al4V : Expérimentation et modélisation. CSMA 2013 - 11ème colloque national en calcul des structures, May 2013, Giens, France. hal-00847456

HAL Id: hal-00847456

<https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-00847456>

Submitted on 23 Jul 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Emboutissage à chaud d'une tôle de Ti6Al4V : Expérimentation et modélisation

Benjamin Chartrel, Elisabeth Massoni

Center for Material Forming (CEMEF), MINES ParisTech, UMR CNRS 7635, BP 207, 06904 Sophia-Antipolis Cedex, France, benjamin.chartrel@mines-paristech.fr, elisabeth.massoni@mines-paristech.fr

Résumé — Cette étude présente un protocole expérimental-numérique utilisant une approche par corrélation d'image numérique et la simulation par éléments finis afin d'obtenir le comportement thermomécanique de l'alliage Ti6Al4V. Les résultats d'une série d'expériences sur des tôles de Ti6Al4V sont présentés. Le comportement de Norton-Hoff et le critère de Hill [1] sont utilisés pour simuler efficacement les réponses observées obtenues à partir des expériences. Un modèle d'analyse inverse utilisant un méta-modèle de krigeage [2] est appliqué pour déterminer chaque paramètre de la loi de comportement mécanique. Le modèle, avec les constantes déterminées à partir des expériences, est ensuite utilisé pour prédire le comportement mécanique des Ti6Al4V. Par la suite le modèle est utilisé sous le code éléments finis implicite Forge® afin de modéliser la mise en forme de produit mince en Ti6Al4V. La simulation se révèle être très proche des observations expérimentales réalisées.

Mots clés — Ti6Al4V, alliage de titane, mise en forme de tôle

1. Introduction

L'étude fut initiée par différents partenaires industriels, elle a pour but de permettre la simulation de l'emboutissage à chaud d'un alliage de titane. Ce procédé est utilisé pour mettre en forme des composants aéronautiques. En réalisant la mise en forme à haute température, il est possible de réaliser des pièces plus complexes et de mieux contrôler le retour élastique. L'utilisation des alliages de titane est une meilleure option que les aciers à haute résistance ou les alliages d'aluminium pour les composants structuraux dans l'industrie aéronautique, en raison de leurs résistances spécifiques élevées, ce qui permet leurs utilisations à grande échelle. Toutefois, la structure hexagonale compacte des alliages de titane, dans laquelle seule le plan de base peut se déplacer, présente une ductilité faible à température ambiante [3]. Ainsi, de nombreuses tôles en alliage de titane sont mises en forme de préférence par formage superplastique à des températures élevées [4]. Cependant le formage superplastique est une solution coûteuse, la mise en forme se fait à des température au delà de 875 °C et la déformation se fait à des vitesses de déformations très petites de l'ordre de 10^{-4} s^{-1} [4]. Dans le cas de l'emboutissage à chaud, les températures des outils et de la tôle sont situées entre 630 et 730 °C et les vitesses de déformation sont de l'ordre 10^{-1} à 10^{-2} s^{-1} , ce qui rend ce procédé plus économique que le formage superplastique.

2. Procédure expérimentale

Le matériau utilisé dans cette étude est un alliage de titane Ti6Al4V en tôle d'épaisseur 2 mm. La composition chimique de la tôle de Ti6Al4V est indiquée dans le tableau 1. Des essais de traction ont été réalisés sur des éprouvettes ayant 3 orientations différentes afin de caractériser l'anisotropie du matériau. Les vitesses de déformation varient de 10^{-1} à 10^{-2} s^{-1} tandis que les observations sont effectuées à des températures allant de 630 à 730 °C. Les échantillons sont chauffés par effet joule, ce qui permet d'utiliser la corrélation d'image afin d'obtenir les champs de déformation et ainsi les coefficients de Lankford [5]. La sensibilité est analysée en termes d'écrouissage, de vitesse de déformation et de température.

Alloy	Al	V	Fe	O	C	N	Ti
TA6V	6	4	<0,25	<0,13	<0,08	<0,05	Bal

Tableau 1. Composition du Ti6Al4V (%m)

3. Simulation numérique

Une fois les essais réalisés ainsi que l'analyse inverse, nous obtenons les différents paramètres de la loi d'écrouissage ainsi que les valeurs du critère de Hill. Désormais il est possible de simuler l'emboutissage à chaud sous Forge® d'une tôle de Ti6Al4V d'épaisseur 2 mm.

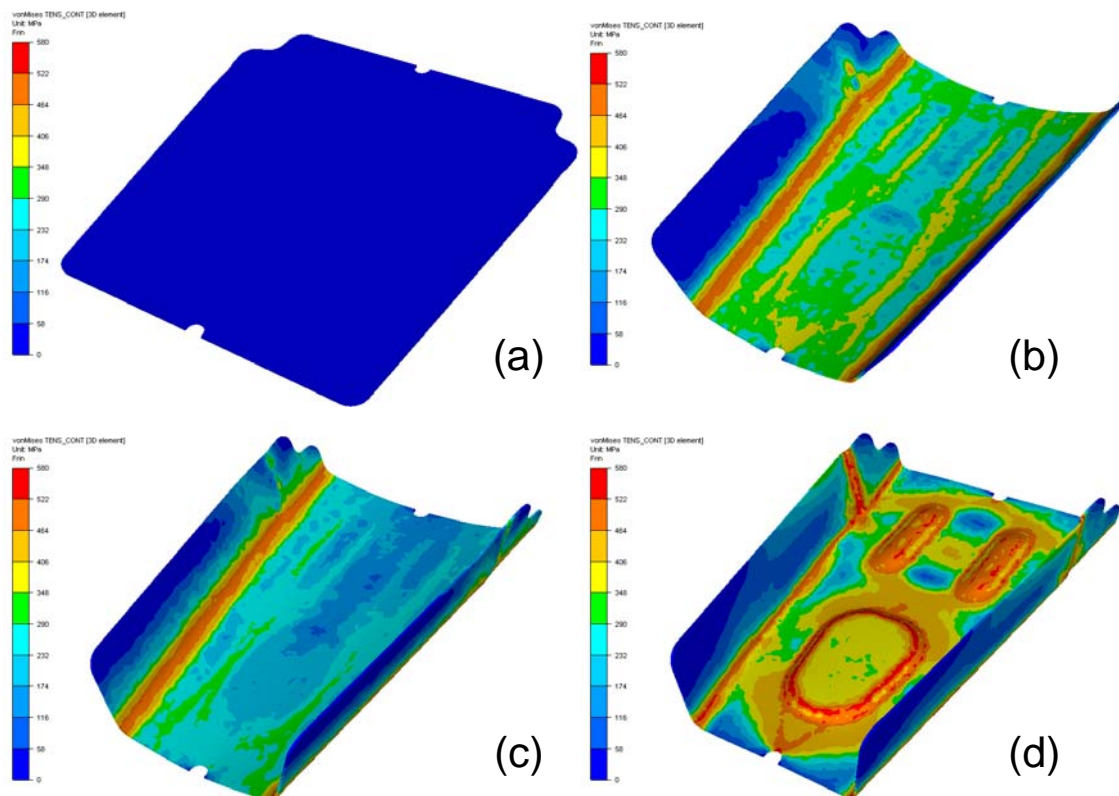


Fig. 1. Visualisation des contraintes de Von Mises à a) l'état initial, b) 33% du process, c) 66% du process et d) l'état final

Références

- [1] R. Hill. A theory of the yielding and plastic flow of anisotropic metals. Proceedings of the Royal Society, London A, 281–297, 1948.
- [2] PO. Bouchard, JM. Gachet, E. Roux. Ductile damage parameters identification for cold metal forming applications, AIP Conference Proceedings, 14th International Conference On Material Forming Esaform, 47-52, 2011.
- [3] N. Park, J. Park, S. Seo, J. Kim. Drawability of Ti-6Al-4V Sheet at Elevated Temperatures. Materials Science Forum, vols. 654-656, 902-905, 2010.
- [4] Y.W.Xun, M.J.Tan. Application of superplastic forming and diffusion bonding to hollow engine blades, Journal of Materials Processing Technology, vol 99, 80-85, 2000.
- [5] W.T. Lankford, S.C. Snyder, J.A. Bausher. New criteria for predicting the press performance of deep drawing sheets, Transactions of the American Society for Metals, 1197–1205, 1950.